

ELECTRIC SIGNAL-ACOUSTIC SIGNAL TRANSDUCER, ITS MANUFACTURING METHOD, AND ELECTRIC SIGNAL-ACOUSTIC SIGNAL TRANSDUCTION SYSTEM

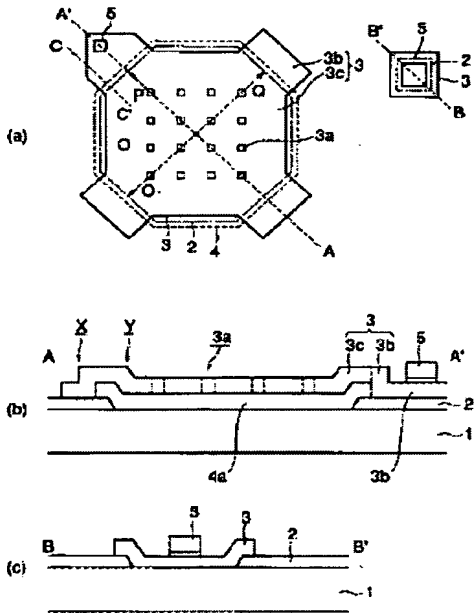
**Publication number:** JP2001231099  
**Publication date:** 2001-08-24  
**Inventor:** HIROSAKI YUJI; TANAKA KIYOKIMI; KIMURA SHIRO; YAMAMOTO IKUO  
**Applicant:** SHARP KK  
**Classification:**  
- **international:** H01L29/84; H04R19/00; H04R19/04; H04R31/00; H01L29/66; H04R19/00; H04R31/00PC1-7); H04R19/04; H01L29/84; H04R31/00  
- **european:** H04R19/00  
**Application number:** JP20000231329 20000731  
**Priority number(s):** JP20000231329 20000731; JP19990350277 19991209

Also published as:

	EP1100289 (A2)
	US6870937 (B1)
	EP1100289 (A8)
	EP1100289 (A3)

Report a data error here

**Abstract of JP2001231099**  
**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide an electric signal-acoustic signal transducer that can easily control the film thickness of a vibration membrane being one electrode of a capacitor and has an excellent acoustic characteristic through the provision of a proper tension and to provide its manufacturing method. **SOLUTION:** The electric signal-acoustic signal transducer consists of a lower electrode 1, an upper electrode 3 comprising a vibrator 3c and a support 3b supporting the vibrator 3b, and an insulation layer 2 placed between the lower electrode 1 and the upper electrode 3, and the upper electrode 3 has corrugations X, Y at the vibrator 3c and/or the support 3b to form a cavity 4a between the lower electrode 1 and the upper electrode 3.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-231099  
(P2001-231099A)

(43) 公開日 平成13年8月24日 (2001.8.24)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

データベース(参考)

H 0 4 R 19/04

H 0 4 R 19/04

4 M 1 1 2

H 0 1 L 29/84

H 0 1 L 29/84

Z 5 D 0 2 1

H 0 4 R 31/00

H 0 4 R 31/00

C

審査請求 未請求 請求項の数23 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-231329(P2000-231329)

(71) 出願人 000005049

(22) 出願日 平成12年7月31日(2000.7.31)

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(31) 優先権主張番号 特願平11-350277

(72) 発明者 廣崎 有史

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

(32) 優先日 平成11年12月9日(1999.12.9)

ャープ株式会社内

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(72) 発明者 田中 清公

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 100065248

弁理士 野河 信太郎

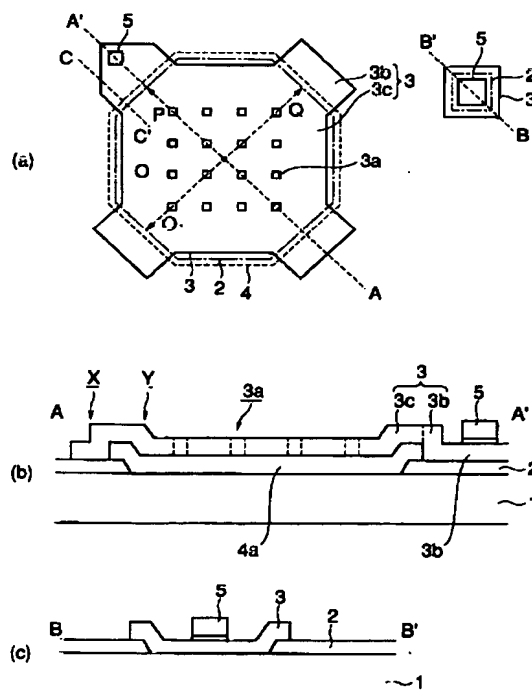
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電気信号-音響信号変換器及びその製造方法並びに電気信号-音響変換装置

(57) 【要約】

【課題】 キャパシタの一方の電極である振動膜の膜厚の制御が容易で、適度の張りをもつことにより、良好な音響特性を有する電気信号-音響信号変換器及びその製造方法を提供することを目的とする。

【解決手段】 下部電極1と、振動部分3c及び振動部分3cを支持する支持部分3bからなる上部電極3と、下部電極1と上部電極3との間に配置された絶縁性の絶縁層2とから構成されてなり、上部電極3が、振動部分3c及び/又は支持部分3bにおいて起伏XYを有して下部電極1との間に空洞4aを形成してなる電気信号-音響信号変換器



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 下部電極と、振動部分と該振動部分の周囲の少なくとも一部において振動部分を支持するための支持部分とから構成される上部電極と、前記下部電極と上部電極とを絶縁するための絶縁層とからなり、前記上部電極が、振動部分及び／又は支持部分に起伏を有して前記下部電極との間に空洞を形成してなる電気信号－音響信号変換器。

【請求項2】 上部電極が、支持部分の少なくとも上面に起伏を有してなる請求項1に記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項3】 上部電極が、絶縁層の端部近傍において振動部分が屈曲することにより起伏を有してなる請求項1に記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項4】 振動部分の端部における下面が、支持部分の絶縁層直上に延設される領域の上面より上方に位置してなる請求項1～3のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項5】 振動部分の端部における下面が、支持部分の絶縁層直上に延設される領域の上面より下方又は同じ高さに位置してなる請求項1～3のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項6】 振動部分が、その周縁領域において、屈曲することにより下部電極からの距離が異なる複数の面を有してなる請求項1～5のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項7】 振動部分が、少なくとも1個の小孔を有する請求項1～6のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項8】 支持部分が、振動部分の中心から等距離の3ヶ所において前記振動部分を支持してなる請求項1～7のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項9】 振動部分が、ほぼ円形である請求項1～8のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項10】 振動部分が、ほぼ正多角形状である請求項1～8のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項11】 下部電極が、半導体基板によって形成されてなる請求項1～10のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項12】 下部電極及び上部電極が、所定の電圧を印加するための金バンプからなる端子にそれぞれ接続されてなる請求項1～11のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項13】 上部電極の振動部分周囲に壁を備える請求項1～12のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項14】 上部電極の支持部分周囲に壁を備える請求項1～12のいずれか1つに記載の電気信号－音響

信号変換器。

【請求項15】 上部電極の振動部分と支持部分とにまたがる周囲に壁を備える請求項1～12のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項16】 上部電極に複数の壁を備える請求項13～15のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項17】 振動部分の中心部に向かうにしたがって高さが低くなる複数の壁を備える請求項16に記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項18】 上部電極に、振動部分の中心部に向かうにしたがって高さが低くなる上面を有する壁を備える請求項1～12のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器。

【請求項19】 請求項1～18のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器を複数備える電気信号－音響信号変換装置。

【請求項20】 (a) 下部電極上に、該下部電極表面の一部が露出するように選択的に絶縁層を形成し、

(b) 露出した前記下部電極表面上と、前記絶縁層上であって前記露出した下部電極表面の外周領域とに、選択的に犠牲膜を形成し、

(c) 該犠牲膜上に、該犠牲膜の一部を露出させ、かつ該犠牲膜の周縁の一部を被覆して前記絶縁層上に至る上部電極を形成し、

(d) 前記犠牲膜の露出した部分から、前記犠牲膜を除去して前記下部電極と上部電極との間に空洞を形成することからなる電気信号－音響信号変換器の製造方法。

【請求項21】 工程(b)において犠牲膜を形成した後であって、工程(c)の前に、前記犠牲膜上に形成された所定形状のレジストパターンを用いて、前記犠牲膜の表面をエッチングして、絶縁層の端部近傍の犠牲膜の表面に起伏を形成する請求項20に記載の電気信号－音響信号変換器の製造方法。

【請求項22】 工程(c)における上部電極の形成と同時に又は工程(c)において上部電極を形成した後であって工程(d)の前に、前記上部電極に小孔を形成し、工程(d)において該小孔を介して犠牲膜を除去する請求項20又は21に記載の電気信号－音響信号変換器の製造方法。

【請求項23】 工程(b)において、リングドーピングされたシリコン酸化膜からなる犠牲膜を下部電極上全面に堆積し、前記犠牲膜の表面がなめらかになるような温度で熱処理し、該犠牲膜を所定の形状にパターニングする請求項20～22のいずれか1つに記載の電気信号－音響信号変換器の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気信号－音響信号変換器及びその製造方法並びに電気信号－音響信号変

換装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】従来から、マイクロホン等の電気信号—音響信号変換器として機能し得るキャパシタを、半導体チップ中に集積化させた半導体装置が提案されている（例えば、特表昭60—500841号公報）。このキャパシタは、図21

(e)に示したように、空洞81aを有する半導体基板81上に、キャパシタの一方の電極となる振動膜82が形成され、さらに半導体基板81の空洞81aに対応する領域に空洞84aを確保するための窒化シリコン膜からなる支持部分83と、支持部分83上から空洞84aの一部上にわたって形成されてキャパシタの他方の電極となるポリシリコン膜85と、ポリシリコン膜85上に形成され、かつ空洞84a上に小孔87aを残して実質的に空洞84aを覆う絶縁膜87を備えてなる。

【0003】このキャパシタは、以下の製造方法により形成される。まず、図21(a)に示したように、半導体基板81の表面にキャパシタの一方の電極である振動膜82を構成する拡散層形成し、拡散層の上に、所定の形状で窒化シリコン膜からなる支持部分83を選択的に形成する。次いで、図21(b)に示したように、支持部分83が存在せず、拡散層が露出した半導体基板81上に、PSG膜84を、支持部分83の表面と面一になるように埋め込む。

【0004】続いて、図21(c)に示したように、PSG膜84及び支持部分83上にキャパシタの他方の電極となるポリシリコン膜85を形成する。この際、ポリシリコン膜85は、PSG膜84の表面が一部露出するように形成する。次に、図21(d)に示したように、絶縁膜87を半導体基板81の表面及び裏面上の両方に形成し、表面の絶縁膜87に、PSG膜84をエッチングするための小孔87aを形成するとともに、裏面の絶縁膜87に開口87bを形成する。

【0005】その後、図21(e)に示したように、小孔87aを介してPSG膜84をエッチングすることにより、拡散層とポリシリコン膜85との間に空洞84aを形成するとともに、半導体基板81の裏面を、拡散層が露出するまでエッチングして開口81aを形成する。これにより、振動膜82が形成される。

【0006】上記のキャパシタは、キャパシタの一方の電極である振動膜82が半導体基板61表面から所定の距離離れた内部に形成され、キャパシタの他方の電極であるポリシリコン膜85が半導体基板の上に形成されている。このような構成により、開口81aから入力される音波（音響信号）が、キャパシタの一方の電極である振動膜82を振動させることができ、それによってキャパシタ電極である振動膜82とポリシリコン膜85との間の距離を変化させ、さらにキャパシタ容量を変化させて、音響信号と等価な電気信号を発生させている。しか

し、上記構造のキャパシタは、一方の電極となる振動膜82を半導体基板81をエッチングによって薄膜化して形成するために、その膜厚の制御が困難であるという課題がある。

【0007】一方、音響信号—電気信号変換器として機能するものではなく、外部からの圧力を検出するための圧力センサとして構成されるものではあるが、半導体基板上に2つの電極を備えることにより、振動膜の膜厚制御が容易なキャパシタが提案されている（特開平4—127479号公報）。

【0008】このようなキャパシタは、図22に示したように、n型シリコン基板91に、キャパシタの一方の電極としてp型拡散層92を有し、p型拡散層92上に酸化膜93を介して支持層94が形成されており、さらに、支持層94上にはこの支持層94を完全に被覆し、支持層94内に空洞94aを確保するように形成された酸化膜95を介してキャパシタの他方の電極であるポリシリコン膜96を有して構成される。なお、支持層94を被覆する酸化膜95には、空洞94aの上方に複数の小孔95aが形成されている。また、キャパシタの一方の電極であるp型拡散層92及び他方の電極であるポリシリコン膜95はそれぞれ別々の配線層97、98に接続されている。このキャパシタは、以下の製造方法により形成される。

【0009】まず、n型シリコン基板91の表面に高濃度の不純物を注入することによりp型拡散層92を形成する。その後、シリコン基板91全面を酸化膜93で覆い、その上にポリシリコンからなる支持層94を丘状に形成し、さらに支持層94を酸化膜95で完全に被覆する。次にこの酸化膜95に複数個小孔95aを形成し、この小孔95aを介してポリシリコンの一部をエッチング除去することにより空洞94aを形成する。さらに、この酸化膜95を覆うようにポリシリコン膜96をCVD法等により成長させて空洞94aを封止し、フォトリソグラフィによりポリシリコン膜96をパターニングして空洞94a上にキャパシタの他方の電極を形成する。なお、この際に封止した空洞94a内の封止圧を圧力検出上の基準圧とする。

【0010】次に、ポリシリコン膜96上にさらに酸化膜99を形成し、ポリシリコン膜96及びp型拡散層92上の酸化膜99にそれぞれ開口を形成し、導電膜を形成し、パターニングすることにより、この開口を通してポリシリコン膜96及びp型拡散層92上にそれぞれ接続される配線層98、97を形成する。この圧力センサにおいては、空洞94a上のポリシリコン膜96が、弾性体としてダイヤフラムを構成し、このポリシリコン膜96が外部圧力により歪んだ時のp型拡散層92とポリシリコン膜96との間の静電容量の変化を、基準圧に対応する静電容量と比較することにより、被検出圧力が検出ないし測定される。

【0011】しかし、この圧力センサは、空洞94aを形成した後、キャパシタの他方の電極であるポリシリコン膜96を形成するために、ポリシリコン膜96が半導体基板91側に歪んでしまい、張りが十分に確保できない。また、ポリシリコン膜96の張りが極端になると、酸化膜95がキャパシタの一方の電極であるp型拡散層92と接触する。このため、この圧力センサを、音響信号と等価な電気信号を発生させるキャパシタに適用したとしても、周波数特性がある範囲内に限られ、十分な音響特性が得られなかったり、音響信号と等価な電気信号を発生させること自体ができなくなり、マイクロホン等の電気信号—音響信号変換器に適用できないという問題がある。

【0012】さらに、空洞94aをポリシリコン膜96により完全に封止しているため、外部の圧力が空洞94a内の圧力より低くなった場合には、空洞94aが膨張し、一方、外部の圧力が空洞94a内の圧力より高くなった場合には、空洞94aが縮小し、音響特性が悪化するという問題がある。本発明は上記課題に鑑みなされたものであり、キャパシタの一方の電極である振動膜の膜厚の制御が容易で、適度の張りをもつことにより、良好な音響特性を有する電気信号—音響信号変換器及びその製造方法を提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明によれば、下部電極と、振動部分と該振動部分の周囲の少なくとも一部において振動部分を支持するための支持部分とから構成される上部電極と、前記下部電極と上部電極とを絶縁するための絶縁層とからなり、前記上部電極が、振動部分及び／又は支持部分に起伏を有して前記下部電極との間に空洞を形成してなる電気信号—音響信号変換器が提供される。

【0014】また、本発明によれば、(a)下部電極上に、該下部電極表面の一部が露出するように選択的に絶縁層を形成し、(b)露出した前記下部電極表面上と、前記絶縁層上であって前記露出した下部電極表面の外周領域とに、選択的に犠牲膜を形成し、(c)該犠牲膜上に、該犠牲膜の一部を露出させ、かつ該犠牲膜の周縁の一部を被覆して前記絶縁層上に至る上部電極を形成し、(d)前記犠牲膜の露出した部分から、前記犠牲膜を除去して前記下部電極と上部電極との間に空洞を形成することからなる電気信号—音響信号変換器の製造方法が提供される。

【0015】

【発明の実施の形態】本発明の電気信号—音響信号変換器は、容量を空洞により構成するキャパシタ型の構造を有しており、主として、下部電極と、上部電極と、下部電極と上部電極との間に配置された絶縁層とから構成される。

【0016】下部電極は、導電性材料により形成される

ものであれば特に限定されるものではなく、例えば、アモルファス、単結晶又は多結晶のN型又はP型の元素半導体（例えば、シリコン、ゲルマニウム等）又は化合物半導体（例えば、GaAs、InP、ZnSe、CsS等）；金、白金、銀、銅、アルミニウム等の金属；チタン、タンタル、タングステン等の高融点金属；高融点金属とのシリサイド、ポリサイド等の単層膜又は積層膜により形成することができる。なかでも、半導体装置の基板として使用されるものが好ましく、具体的には、N型又はP型の単結晶又は多結晶半導体基板、特にシリコン基板が好ましい。また、下部電極は、トランジスタ、キャパシタ等の半導体素子や回路、絶縁膜、配線層等が組み合わされて形成された、いわゆる多層配線構造の半導体基板の上に、絶縁膜を介して上記導電性材料からなる膜によって形成されていてもよいし、SOI基板又は多層SOI基板の表面半導体層として形成されていてもよい。この場合の膜厚は特に限定されるものではない。なお、下部電極が半導体基板により構成される場合には、この半導体基板の他の領域には半導体素子や回路、絶縁膜、配線層等が組み合わされて形成されていてもよいし、半導体基板表面にはP型又はN型の不純物拡散層が形成されていてもよいし、半導体基板表面に溝や島等が形成されていてもよい。

【0017】上部電極は、導電性材料により形成されるものであれば特に限定されるものではなく、下部電極と同様の材料が挙げられる。なかでも、ポリシリコン膜から構成されることが好ましい。ポリシリコン膜を上部電極として使用する場合には、得られる電気信号—音響信号変換器の出力感度が低下しないような寄生抵抗に抑制する程度のシート抵抗、例えば、数〜数十 $\Omega \cdot \text{cm}^{-2}$ 程度のシート抵抗に調整することが好ましい。なお、上部電極の膜厚は、一定であることが好ましいが、部分的に厚膜又は薄膜状になっていてもよい。上部電極の膜厚は、例えば、1〜2 $\mu\text{m}$ 程度の範囲内にあることが適当である。上部電極は、振動部分と支持部分とから構成される。

【0018】振動部分は、後述する空洞の真上の部分（例えば、図1(b)中、3b及び3c参照）、言い換えると、下部電極側から上部電極側に空洞を投影した場合の投影領域に対応する部分を意味し、外部からの音に起因して振動することにより、上下電極間の静電容量を変化させる役割を果たす部分である。振動部分の形状は、特に限定されるものではなく、後述する支持部分の位置、数、大きさ等を考慮して適宜決定することができる。例えば、円や多角形が挙げられるが、振動部分の中心から各辺（又は外周）までの距離が等しい（例えば、図1(a)中、 $P=Q=O$ ）ことが適当であり、円、ほぼ円、正多角形又は正多角形の角が欠けた略正多角形等が好ましい。なかでも、正六角形（例えば、図10）、正八角形（例えば、図11）が、特に正六角形がより好

ましい。その大きさは特に限定されるものではないが、例えば、 $1.0 \times 10^5 \sim 40.0 \times 10^5 \mu\text{m}^2$  程度が挙げられ、より具体的には  $2.5 \times 10^5 \sim 14.4 \times 10^5 \mu\text{m}^2$  が挙げられる。

【0019】また、振動部分は、1以上の小孔を有していることが好ましい。小孔の直径は、例えば、 $2 \sim 10 \mu\text{m}$  程度が挙げられ、その数は、振動部分の大きさにもよるが、上記の範囲の大きさでは、100個程度以下、好ましくは60～90個程度が挙げられる。

【0020】支持部分は、振動部分の周囲の少なくとも一部において振動部分を支持するための部分であり、上部電極の振動部分以外の部分を占める。支持部分は、振動部分の中心から等しい距離の2ヶ所以上に配設されることが適当であり、3ヶ所に配設されることが好ましい。なお、支持部分は、振動部分の全外周長に対して、振動部分の振動を有効に維持することができ、かつ振動部分に適度な張りを与えることができる程度の割合で、振動部分を支持していることが好ましく、例えば、振動部分の全外周長の50%程度以下程度が挙げられる。

【0021】また、上部電極は起伏を有している。上部電極が有する起伏とは、上部電極の下面（後述する下部電極と対向する面）のみ、上面（後述する下部電極と対向する面と反対側の面）のみ又は上下面の双方が、段階的に又は徐々に、後述する下部電極の上面（上部電極と対向する面）からの距離が変化していることを意味する。

【0022】ここで段階的にとは、上部電極の下面及び／又は上面から下部電極の上面までの距離が急峻に変化する状態、つまり、上部電極の下面及び／又は上面が、下部電極の上面から異なる距離を有する少なくとも2つの面が存在する状態を意味する。徐々にとは、上部電極の下面及び／又は上面から下部電極の上面までの距離がなだらかに変化する状態、つまり、上部電極の下面及び／又は上面が下部電極の上面から異なる距離を有するが、面単位としては存在しない状態を意味する。上部電極の下面のみ又は上面のみに起伏を有するとは、上部電極の膜厚が部分的に変化して、下面又は上面に起伏、つまり凹部又は凸部が形成されている状態を意味し、上下面の双方に起伏を有するとは、上部電極の膜厚がほぼ均一で、上部電極が屈曲することにより凹部又は凸部が形成されている状態を意味する。

【0023】なお、上部電極は、起伏により凹部が1つのみ、凸部が1つのみ（例えば、図7、図9参照）、あるいは凹部が複数及び凸部が複数あってもよいし、凹部の中に1又は2以上の凹部及び／又は凸部、凸部の中に1又は2以上の凹部及び／又は凸部があってもよい（例えば、図1（b）参照）。また、起伏は、支持部分の上面のみ（例えば、図7参照）；下面のみ；上下面のみ；振動部分の上面のみ；下面のみ；上下面のみ（例えば、図9参照）；支持部分の上面、下面又は上下面と振動部

分の上面、下面又は上下面（例えば、図1（b）、図6、図8参照）とに有していてもよい。なかでも、支持部分の上面のみに起伏を有している（例えば、図7参照）か、振動部分の上下面のみに起伏を有している（例えば、図9参照）か、支持部分の上面と振動部分の上下面とに起伏を有している（例えば、図1（b）、図6及び図8参照）ことが好ましい。起伏が振動部分にある場合には、後述する絶縁層の端部近傍において、振動部分が屈曲することにより起伏を有していることが好ましい。ここで、上部電極における絶縁層の端部近傍とは、上部電極の下方に配置する絶縁層の端部から、振動部分の最も広い幅の1%程度以内の距離を有する領域上に位置する上部電極の領域を意味する。具体的には、絶縁層の端部から  $10 \mu\text{m}$  程度以内の距離を有する領域上に位置する上部電極の領域が挙げられる。

【0024】さらに、上部電極が起伏を有することにより、振動部分の端部の下面が支持部分の絶縁膜の直上に延設される領域の上面より上方（例えば、図6、図7、図8参照）、下方又は支持部分の上面と同じ高さ（例えば、図1（b）参照）に位置することが好ましい。ここで、振動部分の端部の下面と、支持部分の絶縁層直上に延設される領域の上面との高さの差は、特に限定されるものではなく、上部電極の膜厚、空洞の高さ等により適宜調整することができる。これにより、振動部分に適度な張りを与えながら、上部電極と下部電極との接触を阻止するとともに、音に起因する振動の均一な伝わりを確保することができる。特に、振動部分の端部の下面が支持部分の絶縁層直上に延設される領域の上面より上方である場合には、さらに、支持部分が振動膜への過剰の振動を吸収して、上部電極の破壊を防止することができ、一方、振動部分の端部の下面が支持部分の絶縁層直上に延設される領域の上面より下方又は同じ高さである場合には、空洞の容積をより小さくすることができるため、出力感度を向上させることができる。

【0025】なお、振動部分は、その中央部においては、膜厚が均一でかつ起伏を有さないことが好ましいが、上述した絶縁層の端部近傍に有する起伏の他に、振動部分の周縁領域において、さらに下部電極の上面からの距離が異なる複数の面（領域）を有していてもよい（例えば、図12（b）参照）。ここで、振動部分の周縁領域とは、振動部分の端部から中央部に向かって、振動部分の最も広い幅の10%程度以内、好ましくは8%程度以内の距離を有する領域を意味し、具体的には、振動部分の端部から中央部に向かって、 $100 \mu\text{m}$  程度、好ましくは  $80 \mu\text{m}$  程度以内の距離を有する領域が挙げられる。下部電極の上面からの距離が異なる複数の面は、例えば、1つ以上、好ましくは2～3個の凹部又は凸部が形成されることにより実現される。この場合には、凹部又は凸部の幅及び間隔は、例えば、 $10 \sim 20 \mu\text{m}$  程度が適当である。

【0026】空洞は、主として、上部電極における起伏によって下部電極と上部電極との間に形成され、その一部において大気と接触する開放空間を意味する。空洞は、実質的に上部電極の起伏によってのみ形成されることが好ましいが、上部電極の起伏に加え、後述する絶縁膜が上部電極と下部電極との間に介在することによって、下部電極との間に形成されるものであってもよい。空洞の高さは、上部電極と下部電極とが接触せず、かつ所望の音響特性を得ることができる程度必要であり、例えば、 $1\sim 3\mu\text{m}$ 程度の範囲が挙げられる。なお、空洞は、一定の高さを有していてもよいが、部分的に低く又は高く形成されていてもよい。空洞の大きさは、得られる電気信号—音響信号変換器に印加する電圧の大きさ、音響特性等により調整することができ、例えば、 $1.0\times 10^5\sim 40.0\times 10^5\mu\text{m}^2$ 程度の占有面積であることが適当である。

【0027】絶縁層は、上部電極と下部電極との接触を阻止し、上部電極と下部電極との間の絶縁を確保する役割を果たす。また、場合によっては、空洞の一部を確保する役割をも果たす。絶縁層は、絶縁材料で構成されるものであれば、その材料は特に限定されるものではなく、シリコン窒化膜、シリコン酸化膜、これらの積層膜等により形成することができる。絶縁層の膜厚は、例えば、 $0.5\sim 1.2\mu\text{m}$ 程度が挙げられる。なお、絶縁層は、少なくとも上部電極と下部電極とが直接接触することを防止できる領域においてのみ形成されていればよいが、下部電極として機能する以外の領域に渡って形成されていてもよい。

【0028】本発明の電機信号—音響信号変換器は、上部電極の振動部分、支持部分及び／又は振動部分から支持部分にまたがった領域の周囲に、壁が形成されていてもよい。壁を構成する材料は、導電性物質、絶縁性物質のいずれであってもよい。例えば、シリコン、ゲルマニウム等の半導体、Au、Ni、Ag、Cu等の金属、Ti、Ta、W等の高融点金属、これらの合金等の種々のものが挙げられる。なかでも、めっき方法により容易に形成することが可能なAu、Ni、Ag等の金属が好ましい。

【0029】壁は、上部電極の全周囲に閉曲面を構成するように配置されていてもよいし、上部電極の全周囲に矩形形状状で複数並ぶように配置されていてもよいし、上部電極の全周囲に二重、三重…に閉曲面を構成するように又は複数並ぶように配置されていてもよい。閉曲面を形成するように配置されていることが好ましい。壁の形状は、特に限定されるものではないが、上面が、平坦（下部電極表面に対してほぼ水平）であってもよいが、振動部分の中心部に向かって高さが低くなるように形成されていることが好ましい。ここで、中心部に向かって高さが低くなるとは、段階的または傾斜的であってもよいし、一つの壁の中で高さが異なってもよいし、複

数の壁の高さが異なってもよい。また、壁が複数ある場合には、それらの全てが同じ高さ、幅等を有していてもよく、例えば、壁の高さは、 $5\sim 30\mu\text{m}$ 程度の範囲、幅 $20\sim 100\mu\text{m}$ 程度の範囲で適宜調整することができる。壁の高さ、間隔、幅等を調整することにより、集音効果及び／又は指向性等を最適化することができる。

【0030】また、本発明の電気信号—音響信号変換器においては、さらに、下部電極及び上部電極が、所定の電圧を印加するための端子にそれぞれ接続されていることが好ましい。この際の端子は、通常電極の端子として形成される導電性材料からなるものであれば特に限定されないが、金や白金等の耐酸化性及び／又は耐腐食性の金属から形成されることが好ましい。なお、下部電極及び／又は上部電極が半導体材料により形成されている場合には、端子とのコンタクト抵抗を低減するために、端子との接続領域に、高濃度不純物層が形成されていることが好ましい。この場合の不純物濃度は、例えば、 $1.0\times 10^{19}\sim 1.0\times 10^{20}\text{ions}/\text{cm}^3$ オーダー程度が挙げられる。

【0031】本発明の電気信号—音響信号変換器は、いわゆるマイクロホン、スピーカー等として適用することができるものであるが、特に、半導体装置と一体的に集積化することにより、その小型化、高機能化を図ることが可能となる。具体的には、携帯電話、コンピュータの音声入出力装置、半導体情報機器等における小型音声記録・再生装置等への応用が実現される。また、本発明の電気信号—音響信号変換装置は、上記電気信号—音響信号変換器を複数個組合せて又は任意に所望の装置と組合せて実現することができる。

【0032】本発明の電気信号—音響信号変換器の製造方法は、まず、工程(a)において、下部電極上に、下部電極表面の一部が露出するように選択的に絶縁層を形成する。なお、下部電極は、公知の方法により形成することができる。例えば、下部電極が半導体基板により形成される場合には、あらかじめ半導体基板に所望の不純物をドーピングして所定の抵抗値に設定して下部電極とすることができる。また、導電性の単層膜又は積層膜により形成される場合には、あらかじめ適当な基板等の上に、導電性材料をスパッタ法、蒸着法、CVD法等により成膜し、所望の形状にパターニング等して下部電極とすることができる。

【0033】選択的な絶縁層の形成方法としては、公知の方法、例えば、下部電極上全面に絶縁性材料膜を形成し、フォトリソグラフィ及びエッチング工程により所望の形状にパターニングする方法が挙げられる。なお、ここでの選択的な絶縁層は、下部電極上の一部の領域にのみ開口を有するマスクパターンを用いてパターニングしてもよいし、下部電極上の一部の領域のみを被覆するマスクパターンを用いてパターニングしてもよい。絶縁層

の膜厚は、特に限定されるものではなく、例えば、0.5～1.2  $\mu\text{m}$ 程度が挙げられる。

【0034】工程(b)において、露出した下部電極表面上と、絶縁層上であって露出した下部電極の外周領域とに、選択的に犠牲膜を形成する。選択的に犠牲膜を形成する方法としては、工程(a)における絶縁層の形成と実質的に同様の方法が挙げられる。ここで形成する犠牲膜は、下部電極直上から絶縁層上にオーバーラップするように形成することが必要である。この場合のオーバーラップ幅は、得られる電気信号-音声信号変換器の大きさ、性能等により適宜調整することができ、例えば、5～50  $\mu\text{m}$ 程度の幅、さらに10～30  $\mu\text{m}$ 程度の幅が挙げられる。犠牲膜は、所定のエッチング方法及びエッチング条件を選択した場合に、下部電極、上部電極、絶縁層等を構成する材料に対して、エッチングレートが大きいものが好ましく、例えば、PSG、SOG、BP SG、 $\text{SiO}_2$ 等が挙げられる。犠牲膜の膜厚は、特に限定されるものではないが、例えば、1～3  $\mu\text{m}$ 程度が適当である。

【0035】なお、犠牲膜としてリンがドーピングされたシリコン酸化膜を用いる場合には、下部電極上全面に犠牲膜を堆積した後、犠牲膜の表面がなめらかになるような温度で熱処理することが好ましい。ここでの熱処理は、例えば、犠牲膜の種類、膜厚等により適宜調整することができ、例えば、900～1000℃程度の温度、10～100分間程度が挙げられる。また、犠牲膜としてSOGを用いる場合には、このような熱処理を別途行う必要がなく、また、エッチングレートが比較的大きいために、エッチング時間を短縮することができ、製造工程をより簡略化することができる。

【0036】上記したように、上部電極の振動部分の周縁領域において、上部電極にさらに下部電極からの異なる複数の面を形成する場合には、犠牲膜上の適当な位置に、所定の線幅を有するレジストパターンを形成し、このレジストパターンをマスクとして用いて、犠牲膜の表面を所定量エッチングして、犠牲膜の表面に起伏又は凹凸を形成することが好ましい。これにより、後工程において、表面に起伏又は凹凸を有する犠牲膜上に上部電極が形成されることとなり、犠牲膜上の起伏又は凹凸が上部電極にも反映されるからである。犠牲膜の表面に形成する起伏又は凹凸の高さは、特に限定されるものではないが、後工程で形成する上部電極の振動部分の張りを十分に与えることができる程度、例えば、0.3～1.0  $\mu\text{m}$ 程度が挙げられる。ただし、起伏又は凹凸を形成する場合には、一旦形成された犠牲膜をエッチングにより薄膜化することとなるため、このエッチング量を考慮して、あらかじめ厚めに犠牲膜を形成することが必要となる。

【0037】工程(c)において、犠牲膜上に、犠牲膜の一部を露出させ、かつ犠牲膜の周縁の一部を被覆して

絶縁層上に至る上部電極を形成する。上部電極は、上述したように、振動部分を少なくとも1ヶ所、通常2ヶ所以上において、支持部分により支持する形状に形成される。よって、ここで形成される上部電極の形状は、犠牲膜の一部を露出させ、かつ犠牲膜の周縁の一部を被覆して絶縁層上に至る、つまり、支持部分を構成する部分においては、振動部分から突出/延設された形状となり、振動部分を構成する部分においては、犠牲膜を被覆し、さらに、振動部分を構成する部分の外側の周りにおいては、犠牲膜は、上部電極に被覆されずに露出する形状となる。上部電極は、下部電極が導電性材料の単層膜又は積層膜で形成する場合の形成方法と同様に形成することができる。

【0038】なお、上部電極を形成した後又は形成と同時に、後工程における犠牲膜の除去を容易に行うことができるように、振動部分を構成する部分に、犠牲膜に至る小孔を形成することが好ましい。ここでの小孔の形成は、上部電極材料膜を全面に形成した後、所望の形状にパターンニングする際に、上部電極に対応するパターンを有し、かつ上部電極に形成する小孔に対応する部分に開口を有するマスクを用いることにより、上部電極と同時に形成することができる。また、上部電極をパターンニングした後、上部電極に形成する小孔に対応する部分のみ開口を有するマスクを用いてエッチングすることにより形成することができる。

【0039】工程(d)において、犠牲膜の露出した部分から、犠牲膜を除去する。この場合の犠牲膜の除去は、ほぼ完全に行うことが好ましい。犠牲膜の除去は、ドライエッチング又はウェットエッチング等の種々の方法により実現することができるが、犠牲膜のみを選択的にエッチングすることができるエッチャントを用いたウェットエッチングにより行うことが好ましい。例えば、HF、リン酸、硫酸、硝酸等の1種以上を含むエッチャント、好ましくはHF系エッチャントに、1～10分間程度浸漬する方法が挙げられる。なお、上部電極に小孔が形成されている場合には、犠牲膜がエッチャントに接触する面積がより大きくなるために、さらに短時間で犠牲膜の除去を行うことができる。これにより、下部電極と上部電極との間に空洞を形成することができる。

【0040】以下に本発明の電気信号-音響信号変換器及びその製造方法を図面に基づいて詳細に説明する。

#### 【0041】実施の形態1

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図1に示したように、シリコン基板1からなる下部電極と、振動部分3cと、振動部分3cの外周の4箇所に延設された支持部分3bとからなり、ポリシリコン膜3によって形成される上部電極と、下部電極と上部電極との間に形成された空洞4aと、下部電極と上部電極との間に配置されたSiN膜2からなる絶縁層とから構成されている。なお、絶縁層は、図1(a)において、一点鎖



線で示したように、上部電極の振動部分3cのほぼ直下と、下部電極に端子を接続するための領域とに開口を有する以外は、シリコン基板1のほぼ全面を被覆している。

【0042】上部電極の振動部分3cは、ほぼ正八角形形状をしており、その中心から支持部分3bまでの距離O、P、Qはそれぞれ同じである。上部電極の1つの支持部分3bは、絶縁層直上から空洞4a中央部直上にわたって起伏X、Yを有しており、1つの上部電極においては、このような起伏が4ヶ所形成されている。また、振動部分3cにおいて複数個の小孔3aが形成されている。さらに、振動部分3c端部の下面が、絶縁層直上に延設された支持部分3bの上面とほぼ同じ高さに位置している。

【0043】この電気信号—音響信号変換器は、その周辺部に下部電極（シリコン基板1）と接続されたAu/TiW膜5からなる端子と、支持部分3b上に上部電極と接続されたAu/TiW膜5からなる端子が形成されている。

【0044】この電気信号—音響信号変換器は以下の製造方法によって形成することができる。まず、図2(a)及び(a')に示したように、電気信号—音響信号変換器の一方の電極となるn型シリコン基板1（厚み $625\mu\text{m}$ 程度、比抵抗 $3\sim6\Omega/\square$ ）を用い、このシリコン基板1上全面に、膜厚 $1.2\mu\text{m}$ 程度のSiN膜2をLP-CVD法により形成した。この際、使用ガスとして $\text{NH}_3 + \text{SiH}_2\text{Cl}_2$ を用い、堆積温度を $750\sim850^\circ\text{C}$ 程度とした。次いで、SiN膜2をフォトエッチングによりほぼ正八角形の開口部と、下部電極に接続するための開口部を有する所望の形状（図1(a)中、一点鎖線）にパターンニングして絶縁層を形成した。

【0045】次いで、図2(b)及び(b')に示したように、絶縁層をマスクとして用いて、砒素又はリンを、 $1\sim8\times10^{15}\text{ions}/\text{cm}^2$ 程度のドーゾでイオン注入して、シリコン基板1表面にn型拡散層1aを形成した。なお、この際のn型拡散層1aは、少なくとも下部電極に接続するための開口部直下に形成されていればよい。続いて、得られたシリコン基板1上全面に、犠牲膜として膜厚 $1\sim3\mu\text{m}$ 程度のPSG膜4を堆積した。このPSG膜4の膜厚により下部電極と上部電極との間に形成される空洞の高さを決めることができる。この際、使用ガスとして $\text{SiH}_4 + \text{PH}_3$ を用い、堆積温度を $350\sim450^\circ\text{C}$ とした。その後、PSG膜4の段差低減のために、 $900\sim1000^\circ\text{C}$ 程度の温度範囲で数十分程度熱処理を行った。

【0046】なお、ここでPSG膜4の熱処理を行なった場合には、図3(b)に示したように、絶縁層とシリコン基板1上との間に存在するPSG膜4の高低差Mが緩和されるが、PSG膜4の熱処理を行なわなかった場合には、図3(a)に示したように、絶縁層とシリコン

基板1上との間に存在するPSG膜4の高低差を有する部分Lに、後工程においてPSG膜4上に形成されるポリシリコン膜3が入り込み、PSG膜4をエッチングして空洞を形成した場合に、高低差を有する部分Lに入り込んだポリシリコン膜3が、シリコン基板1上に接触し、上部電極と下部電極とが電氣的にショートするという問題がある。

【0047】続いて、PSG膜4をフォトエッチングにより、後工程で空洞を形成する部分のみに残すようにパターニングした。この際のパターニングは、HF系エッチャントに4分間程度浸漬することにより行った。なお、PSG膜4は、絶縁層の上に、約 $10\sim30\mu\text{m}$ 程度オーバーラップするようにパターニングした。オーバーラップにより上部電極に起伏を設けることができ、これにより振動膜（上部電極）がより振動しやすくなるからである。なお、ここでPSG膜4を絶縁層上にオーバーラップさせない場合には、後工程においてPSG膜4をエッチングして乾燥する際に、下部電極と上部電極とが接触し、短絡が生じるおそれがある。

【0048】次いで、図2(c)及び(c')に示したように、得られたシリコン基板1上全面に、膜厚 $1\sim3\mu\text{m}$ 程度のポリシリコン膜3を堆積した。この際、使用ガスとして $\text{SiH}_4$ を用い、堆積温度を $550\sim700^\circ\text{C}$ 程度とした。さらに、ポリシリコン膜3は、導電性を高めるためにリンをドーピングした。この際、使用ガスとして $\text{POCl}_3$ を用い、ドーピング温度を $850\sim950^\circ\text{C}$ とした。これにより、ポリシリコン膜3のシート抵抗は、数～数十 $\Omega\cdot\text{cm}^{-2}$ 程度となった。続いて、ポリシリコン膜3をフォトエッチングにより所望の形状にパターニングし、支持部分3bと振動部分3cとからなる上部電極を形成した。振動物3cの形状は、例えば、 $2.5\times10^5\sim14.4\times10^5\mu\text{m}^2$ 程度の面積を有する正八角形とし、支持部分3bは、振動部分3cの一辺を長辺とする長方形形状として、振動部分3cの一辺おきに配置した。さらに、PSG膜4の上方に存在するポリシリコン膜3に、 $6\sim10\mu\text{m}$ φの小孔3aを $60\sim90$ 個形成した。これは、後工程においてPSG膜4を速やかにエッチングするためである。また、小孔3aを形成することにより、図4に示したように、上部電極—下部電極間の空気摩擦抵抗を最適化し、音響特性のフラット化及び高音域の感度改善を行うことができるからである。

【0049】さらに、図2(d)及び(d')に示したように、下部電極及び上部電極から信号をとりだすための端子を、Au/TiW膜（膜厚 $2\sim4\mu\text{m}/0.2\sim0.3\mu\text{m}$ 程度）5により形成した。なお、後工程でのHFによるPSG膜4のエッチングの際に、エッチャントで端子がエッチングされないようにAu膜を使用した。Auの下部電極及び上部電極への拡散を防ぐためにあらかじめTiW膜を形成した。次いで、図2(e)及

び(e')に示したように、得られたシリコン基板1を5~10%のHF系エッチャントに数時間浸液し、IPA置換乾燥して、PSG膜4をエッチングすることにより空洞4aを形成した。

【0050】上記のような電気信号-音響信号変換器の動作原理を図5に基づいて説明する。上部電極3と下部電極1とに電圧 $E_0$ (例えば、DC 3~6V程度)を印加する。外部から音響に対応する振動Fが加わると、振動膜である上部電極3が振動し、下部電極1との距離が変化する(図5中 $\alpha$ 、 $\beta$ 等)。これにより、両電極1、3の静電容量が変化し、電荷量が変化する。さらに、電荷量の変化に伴って電流が流れ、この電流が抵抗R(例えば、1~3k $\Omega$ 程度)に流れることにより、音響に対応する電圧Eが出力される。

#### 【0051】実施の形態2

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図6に示したように、上部電極を構成するポリシリコン膜13において、振動部分(空洞14a直上の上部電極)13cの下面が、SiN膜2からなる絶縁層直上に延設された支持部分13bの上面よりも上方に存在している以外は、図1における電気信号-音響信号変換器と実質的に同様である。

#### 【0052】実施の形態3

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図7に示したように、SiN膜22からなる絶縁層が、下部電極であるシリコン基板1上の全面を被覆しており、よって、上部電極は、支持部分3bにおいてのみ起伏Zを有している以外は、図1における電気信号-音響信号変換器と実質的に同様である。この電気信号-音響信号変換器は、図2(a)及び(a')において、SiN膜22に、フォトリソエッチングによって下部電極に接続するための開口部のみを形成する以外は、実質的に実施の形態1と同様の製造方法により形成することができる。

【0053】この電気信号-音響信号変換器においては、絶縁層が下部電極の全面を被覆しているために、電気信号-音響信号変換器として使用している際に、瞬時に大きな音による振動が加わったとしても、上部電極と下部電極とのショートを防止することができ、電気信号-音響信号変換器自体の損傷又は破壊を回避することができる。

#### 【0054】実施の形態4

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図8に示したように、SiN膜2からなる絶縁層の存在しないシリコン基板31表面に溝が形成されており、よって、その溝の深さの分だけ振動部分33c表面が沈みこんでいる以外は、図1における電気信号-音響信号変換器と実質的に同様である。

【0055】この電気信号-音響信号変換器は、図2(a)及び(a')において、フォトリソエッチングにより

SiN膜2をパターニングするとともに、さらにシリコン基板1を0.5~2.0 $\mu$ m程度エッチング除去し、図2(b)及び(b')において、溝底面にイオン注入し、溝を含むシリコン基板1上全面に、PSG膜4を堆積する以外は、実質的に実施の形態1と同様の製造方法により形成することができる。

#### 【0056】実施の形態5

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図9に示したように、SiN膜42からなる絶縁層が、上部電極の支持部分43bと接触しており、よって、支持部分43bにおいては起伏が形成されておらず、振動部分43cは屈曲することにより、振動部分43cの絶縁層端部近傍においてその上下面に起伏を有している以外は、図1における電気信号-音響信号変換器と実質的に同様である。

#### 【0057】実施の形態6

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図10に示したように、ポリシリコン膜53からなる上部電極が、ほぼ正六角形状の振動部分53cと、振動部分53cの外周の3箇所に延設された支持部分53bとからなる以外は、図1における電気信号-音響信号変換器と実質的に同様である。なお、振動部分53cの中心から支持部分53bまでの距離R、S、Tはそれぞれ同じである。振動部分53cを3つの支持部分53bによって支持することによって、より振動部分53cの張りを強く保持することができ、音による振動に対する感度を高めることができる。

#### 【0058】実施の形態7

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図11に示したように、絶縁層62が、上部電極の支持部分63bのほぼ真下だけにのみ配置されている以外は、図1における電気信号-音響信号変換器と実質的に同様である。このように、絶縁層62を、上部電極の支持部分63bのほぼ真下だけにのみ配置することにより、この電気信号-音響信号変換器の製造方法において、図2(b)及び(b')での絶縁層をマスクとして用いたイオン注入によって、振動部分63c下方から下部電極に接続するための端子下方まで、連続的にn型拡散層を形成することができるため、下部電極の抵抗を低減することができる。

#### 【0059】実施の形態8

この実施の形態における電気信号-音響信号変換器は、図12(b)に示したように、ポリシリコン膜からなる上部電極の振動部分73cが、振動部分73cの周縁において、複数の凹凸を有している以外は、図1における電気信号-音響信号変換器と実質的に同様である。

【0060】この電気信号-音響信号変換器は、図2(b)及び(b')において、PSG膜4を堆積し(膜厚2.0 $\mu$ m程度)、所定の形状にパターニングした後、図12(a)に示したように、PSG膜74の周縁

において線幅G ( 10~20 $\mu$ m程度 ) のフォトマスク77を形成し、フォトマスク77を用いてHF系エッチャントに2分間程度浸漬することにより、PSG膜74を0.3~1.0 $\mu$ m程度エッチングしてPSG膜74の周縁表面に複数の凹凸を形成する以外は、実質的に実施の形態1と同様の製造方法により形成することができる。

#### 【0061】実施の形態9

この実施の形態における電気信号-音響変換器は、図13(a)及び13(b)に示したように、ポリシリコン膜3からなる上部電極の振動部分3cの全周囲に帯形状の壁6aを有している以外は、図1における電気信号-音響変換器と実質的に同様である。この壁6aは、高さ18 $\mu$ m、幅40 $\mu$ mで、Auめっき膜により形成した。

【0062】この電気信号-音響変換器は、以下の製造方法によって形成することができる。実施の形態1における図2(c)及び(c')までの工程を行った後、図14(a)及び(a')に示したように、膜厚0.05~0.2 $\mu$ m/0.1~0.4 $\mu$ m程度程度のAu/TiW膜7を得られたシリコン基板1上全面に形成した。次いで、図14(b)及び(b')に示したように、Au/TiW膜7上全面に、膜厚10~30 $\mu$ m程度でレジストを塗布し、壁6aを形成する領域及び信号取り出し用端子を形成する領域に開口を形成することによりレジストパターン8を形成する。その後、図14(c)及び(c')に示したように、Auめっき溶液にてAuめっき膜を堆積し、レジストパターン8を除去する。続いて、図14(d)及び(d')に示したように、Auめっき膜をマスクとして用いて、Au/TiW膜7をエッチングすることにより、壁6a及び信号取り出し用端子5aを形成した。その後、図14(e)及び(e')に示したように、得られたシリコン基板1を5~10%のHF系エッチャントに数時間浸漬し、IPA置換乾燥して、PSG膜4をエッチングすることにより空洞4aを形成した。

#### 【0063】実施の形態10

この実施例における電気信号-音響信号変換器は、図15(a)及び(b)に示したように、ポリシリコン膜3からなる上部電極の支持部分3bの全周囲に、実施の形態9と同様の壁6aを有している以外は、図1における電気信号-音響変換器と実質的に同様である。なお、図15(a)及び(b)はPSG膜をエッチング除去した後の電気信号-音響信号変換器を示しており、図16(a)~(c)は、製造工程において、PSG膜4aのエッチング前の電気信号-音響信号変換器を示している。この電気信号-音響信号変換器は、実施の形態9と同様の製造方法により形成することができる。

#### 【0064】実施の形態11

この実施例における電気信号-音響信号変換器は、図17(a)及び(c)に示したように、ポリシリコン膜3

からなる上部電極の振動部分3cと支持部分3bとにまたがる領域の全周囲に、壁6bを有している以外は、図1における電気信号-音響変換器と実質的に同様である。この壁6bは、高さ18 $\mu$ m、幅60 $\mu$ mで、Auめっき膜により形成した。なお、図17-(a)及び(c)はPSG膜をエッチング除去した後の電気信号-音響信号変換器を示しており、図17(b)は、製造工程において、PSG膜4aのエッチング前の電気信号-音響信号変換器を示している。

#### 【0065】実施の形態12

この実施例における電気信号-音響信号変換器は、図18(g)に示したように、ポリシリコン膜3からなる上部電極の支持部分の周囲に、金バンプからなる壁6c、6d、6eを3つ設けており、それらの壁6c、6d、6eは振動部分の中心部に向かうにしたがって高さが低く形成されている以外は、図1における電気信号-音響変換器と実質的に同様である。これらの壁6c、6d、6eは、それぞれ、高さ18 $\mu$ m、幅30 $\mu$ m;高さ12 $\mu$ m、幅30 $\mu$ m;高さ6 $\mu$ m、幅30 $\mu$ mであり、各壁6c、6d、6eの間隔は20 $\mu$ mである。最も高い壁6cは指向性を向上させることができ、他の壁6d、6eは集音効果を向上させることができる。

【0066】この電気信号-音響変換器は、以下の製造方法によって形成することができる。実施の形態9における図14(a)及び(a')までの工程を行った後、図18(a)及び(a')に示したように、Au/TiW膜7上全面に、膜厚25 $\mu$ m程度でレジストを塗布し、壁6eを形成する領域及び信号取り出し用端子を形成する領域に開口を形成することによりレジストパターン9aを形成する。その後、図18(b)及び(b')に示したように、Auめっき溶液にてAuめっき膜6e'を堆積し、レジストパターン9aを除去する。

【0067】続いて、図18(c)及び(c')に示したように、上記と同様にレジストを塗布し、壁6dを形成する領域に開口を形成することによりレジストパターン9bを形成する。その後、図18(d)及び(d')に示したように、Auめっき溶液にてAuめっき膜6d'を堆積し、レジストパターン9bを除去する。続いて、図18(e)及び(e')に示したように、上記と同様にレジストを塗布し、壁6cを形成する領域に開口を形成することによりレジストパターン9cを形成する。その後、図18(f)及び(f')に示したように、Auめっき溶液にてAuめっき膜6c'を堆積し、レジストパターン9cを除去する。次いで、図18(g)及び(g')に示したように、Auめっき膜6c'、6d'、6e'をマスクとして用いて、Au/TiW膜7をエッチングすることにより、壁6c、6d、6e及び信号取り出し用端子5a(図示せず)を形成した。その後、実施の形態1と同様に、PSG膜4をエッチングすることにより空洞4aを形成した。

## 【0068】実施の形態13

この実施例における電気信号-音響信号変換器は、図19に示したように、ポリシリコン膜3からなる上部電極の支持部分3bの全周囲に、上面が階段状に形成された壁6fを有している以外は、図18(g)における電気信号-音響変換器と実質的に同様である。この壁6fは、高さ18 $\mu$ m、12 $\mu$ m、6 $\mu$ m、幅90 $\mu$ mである。この電気信号-音響信号変換器は、実施の形態12と同様の製造方法により形成することができる。

## 【0069】実施の形態14

この実施例における電気信号-音響信号変換器は、図20に示したように、ポリシリコン膜3からなる上部電極の振動部分3cがほぼ円形であり、支持部分3bの全周囲に壁6aを有している以外は、図13(a)における電気信号-音響変換器と実質的に同様である。

## 【0070】実施の形態15

実施の形態1~15で形成された電気信号-音響信号変換器を、複数設けることにより電気信号-音響信号変換装置とすることができる。具体的には、壁無しタイプの電気信号-音響信号変換器を2個又は3個以上備えた電気信号-音響信号変換装置、壁有りタイプの電気信号-音響信号変換器を2個又は3個以上備えた電気信号-音響信号変換装置、壁無しタイプの電気信号-音響信号変換器と壁有りタイプの電気信号-音響信号変換器とをそれぞれ1個又は2個以上組合せた電気信号-音響信号変換装置等が挙げられる。

## 【0071】

【発明の効果】本発明の電気信号-音響信号変換器によれば、キャパシタの一方の電極である上部電極の膜厚の制御を容易とすることができるとともに、上部電極が起電を有することにより適度の張りをもたせることができ、上部電極と下部電極とのショートを防止することが可能となる。よって、良好な音響特性を有するとともに、高信頼性の電気信号-音響信号変換器を得ることができる。また、振動部分の端部の下面が絶縁層直上に延設された支持部分の上面より上方に位置する場合には、さらに、上部電極の張りを改善することができ、良質な音響特性を得ることができる。

【0072】さらに、振動部分の端部の下面が絶縁層直上に延設された支持部分の上面より下方にあるいは同じ高さに位置する場合には、空洞の容積が小さくなるために、同じ振動が加えられても出力電圧を高くすることができるため、より感度の良好な電気信号-音響信号変換器を得ることができる。また、振動部分が、その周縁領域において、さらに下部電極から距離が異なる複数の面を有する場合には、上部電極の張りをより良好に保持することができ、さらなる音響特性の改善を図ることができる。

【0073】さらに、振動部分が少なくとも1個の小孔を有する場合には、上部電極と下部電極との間の空気摩

擦抵抗を最適化することができ、音響特性のフラット下及び高音域での感度の改善を行うことができる。また、支持部分が振動部分の中心から等距離の3ヶ所において前記振動部分を支持する場合には、上部電極の張りをより改善することができる。

【0074】さらに、振動部分がほぼ円形、ほぼ正多角形状である場合には、上部電極のさらなる張りの改善に加え、音の広がりや上部電極の振動部分に均一に伝わるため、音に対する感度を高めることができ、さらなる音響効果の改善を実現することができる。

【0075】下部電極が半導体基板によって形成されている場合には、高集積化や他の半導体回路との組み合わせが容易となる。下部電極及び上部電極が、所定の電圧を印加するための金バンプからなる端子にそれぞれ接続されている場合には、製造工程におけるエッチャントや製品化後における空気や湿度等による酸化や腐食を防止することができ、新たに保護膜を形成する必要がないため、音声入力に対する上部電極の振動を向上させることができるとともに、信頼性の高い電気信号-音響信号変換器を提供することができる。

【0076】また、上部電極の振動部分周囲に壁を備える場合には、上部電極周囲からの雑音をカットすることができ、音声入力に対する指向性を向上させ、ひいては、より一層音声入力に対する上部電極の振動を向上させることができる。支持部分周囲に壁を備える場合には、振動部分の膜厚変動に生じる振動効率ロスを防止することができ、より一層音声入力に対する上部電極の振動を向上させることができる。振動部分と支持部分とにまたがる周囲に壁を備える場合には、壁の強度を低下させることなく、上部電極の支持部分の面積を削減することが可能となり、寄生容量の低下に伴う容量変換効率の向上、振動効率の向上、サイズの縮小化を実現することが可能となる。

【0077】さらに、上部電極に複数の壁を備え、振動部分の中心部に向かうにしたがって高さが低くなる複数の壁を備え、さらに、上部電極に、振動部分の中心部に向かうにしたがって高さが低くなる上面を有する壁を備える場合には、一層の指向性の向上、集音効果の向上を実現することが可能となる。

【0078】さらに、本発明の電気信号-音響信号変換器の製造方法によれば、上記のような高性能、高信頼性の電気信号-音響信号変換器を、より簡便な方法により製造することができる。また、1枚のレジストマスクを追加するのみの簡便な方法により、さらに上部電極の張りが改善された良好な電気信号-音響信号変換器を製造することが可能となる。

【0079】しかも、上部電極に小孔を形成する場合には、犠牲膜のエッチング時間の短縮を図ることができ、製造工程の簡便化、ひいては製造コストの低減を実現することができる。また、リングドープニングされたシリコ

ン酸化膜からなる犠牲膜を用いる場合には、製造工程の簡略化及び製造コストの低減をさらに容易とすることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】(a) は本発明の電気信号—音響信号変換器の第 1 の実施の形態を示す要部の概略平面図、(b) は A—A' 線断面図、(c) は B—B' 線断面図である。

【図 2】図 1 の電気信号—音響信号変換器の製造方法を示すための要部の概略断面工程図である。

【図 3】犠牲膜の熱処理の作用を説明するための要部の概略断面図である。

【図 4】空気摩擦抵抗の変化による感度—周波数特性を説明するための図である。

【図 5】本発明の電気信号—音響信号変換器の動作原理を説明するための模式図である。

【図 6】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 2 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 7】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 3 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 8】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 4 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 9】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 5 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 10】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 6 の実施の形態を示す概略平面図である。

【図 11】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 7 の実施の形態を示す概略平面図である。

【図 12】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 8 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 13】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 9 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 14】図 13 の電気信号—音響信号変換器の製造方法を示すための要部の概略断面工程図である。

【図 15】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 10 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 16】図 15 の電気信号—音響信号変換器の製造方

法を説明するための要部の概略断面図である。

【図 17】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 11 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 18】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 12 の実施の形態を示す要部の概略断面工程図である。

【図 19】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 13 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 20】本発明の電気信号—音響信号変換器の第 14 の実施の形態を示す要部の概略断面図である。

【図 21】従来の電気信号—音響信号変換器の要部を示す概略断面図である。

【図 22】従来の圧力センサの要部を示す概略断面図である。

【符号の説明】

1、31 シリコン基板（下部電極）

1a n型拡散層

2、22、42、52、62 SiN膜（絶縁層）

3、13、23、33、43、53、63 ポリシリコン膜（上部電極）

3a 小孔

3b、13b、23b、33b、43b、53b、63

b 支持部分

3c、13c、23c、33c、43c、53c、63

c、73c 振動部分

4a、14a、24a、34a、44a、74a 空洞

4、54、74 PSG膜（犠牲膜）

5 Au/TiW膜（端子）

5a 信号取り出し用端子

6a～6e 壁

6c'、6d'、6e' Auめっき膜

7 Au/TiW膜

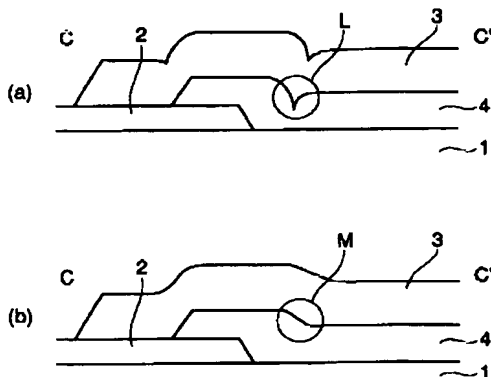
8、9a、9b、9c レジストパターン

77 フォトリソグ

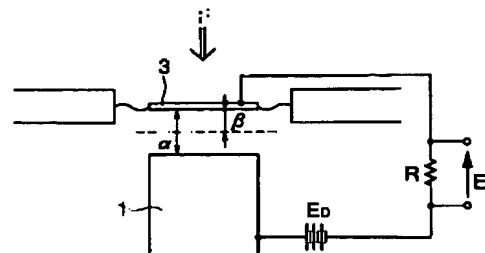
X、Y、Z、W 起伏

O、P、Q、R、S、T 振動部分中心から支持部分までの距離

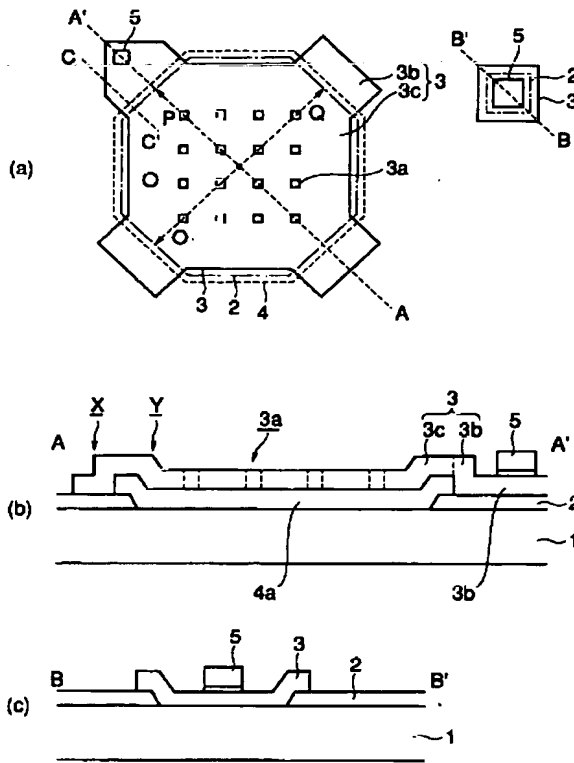
【図 3】



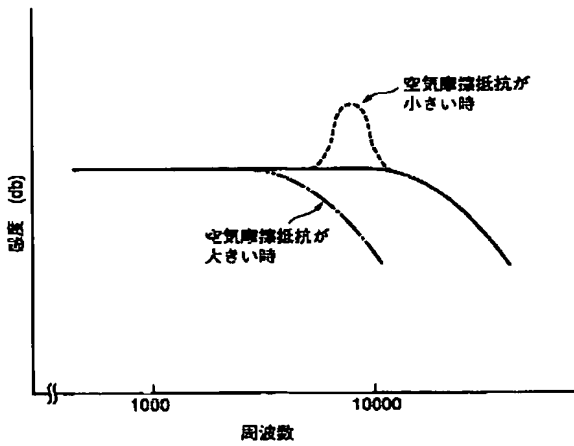
【図 5】



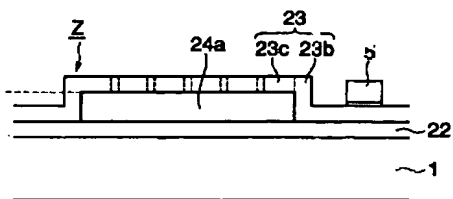
【図1】



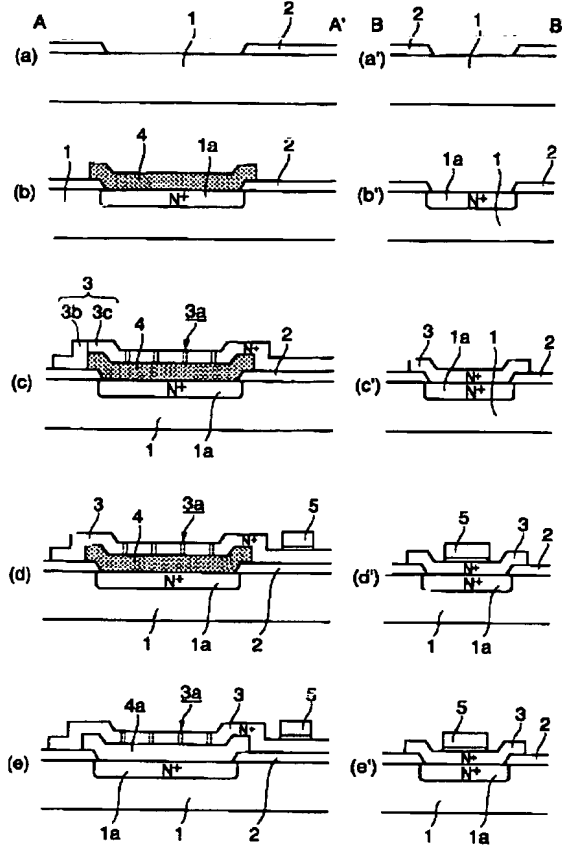
【図4】



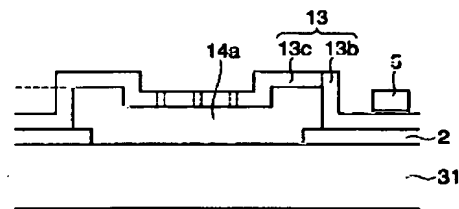
【図7】



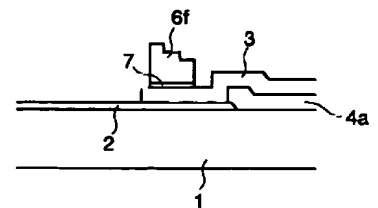
【図2】



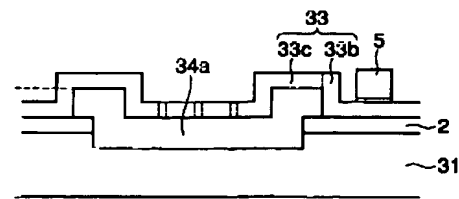
【図6】



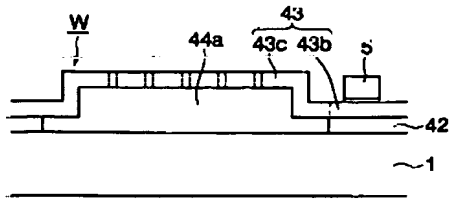
【図19】



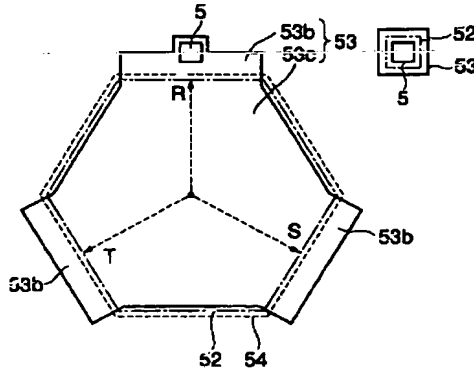
【図8】



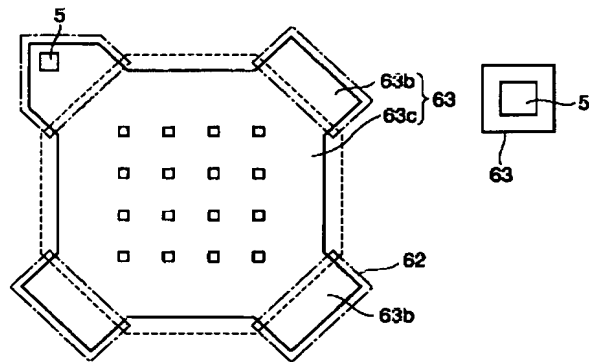
【図9】



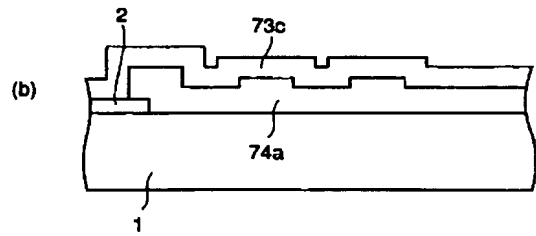
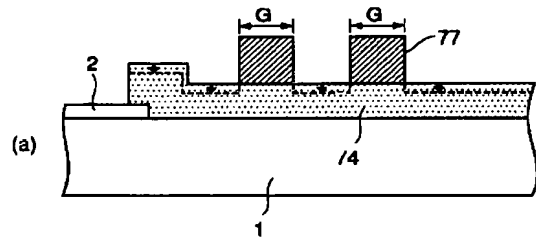
【図10】



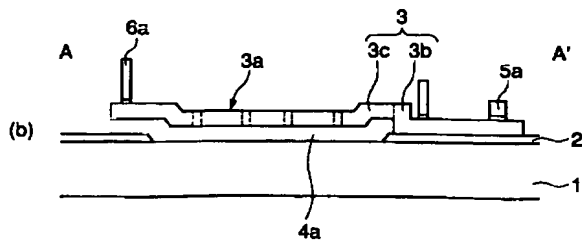
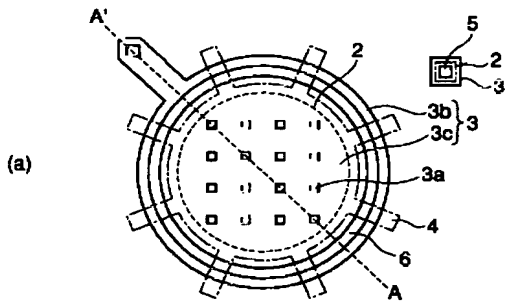
【図11】



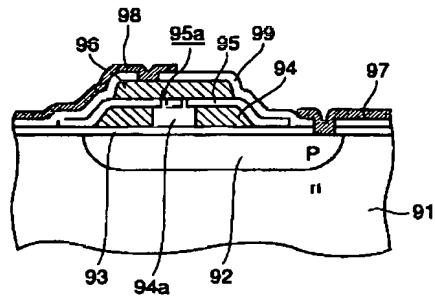
【図12】



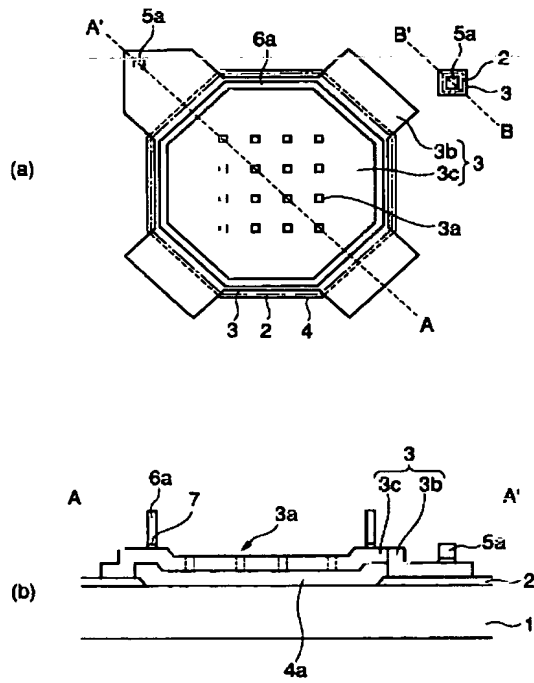
【図20】



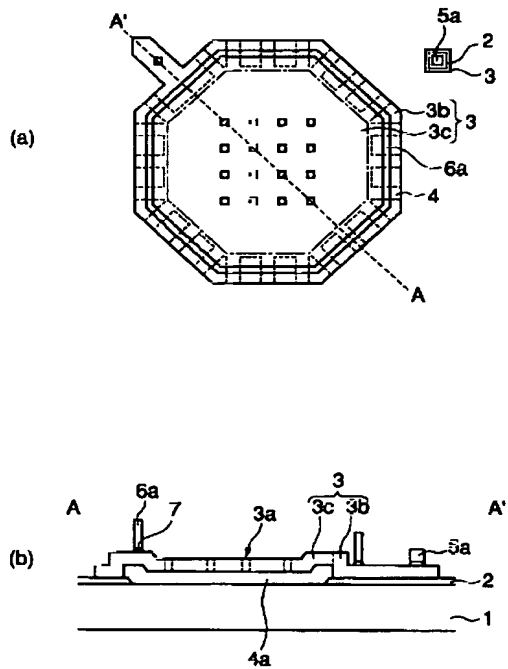
【図22】



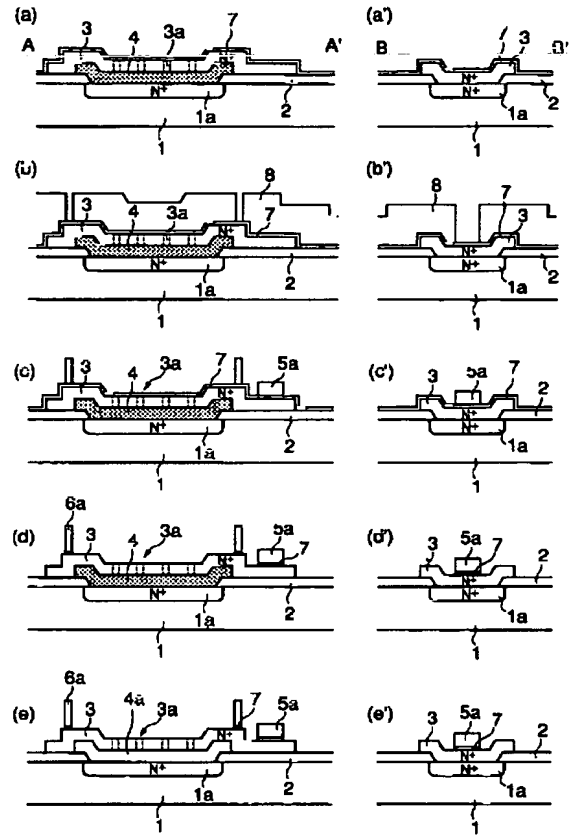
【図13】



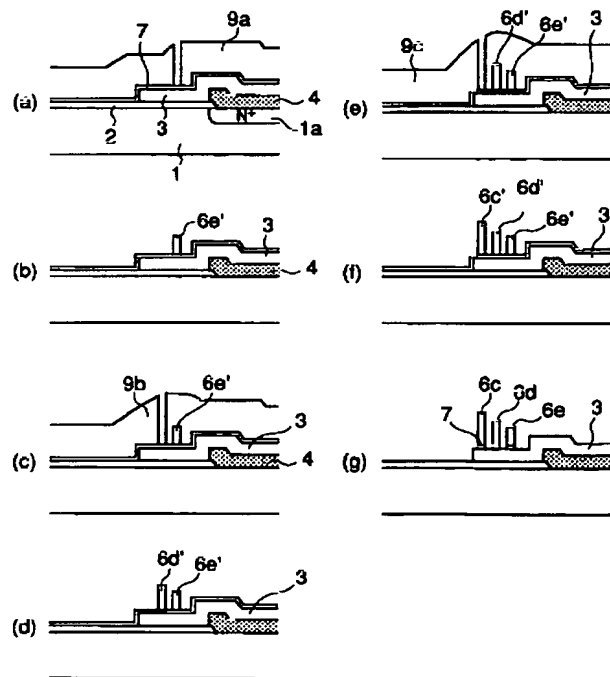
【図15】



【図14】

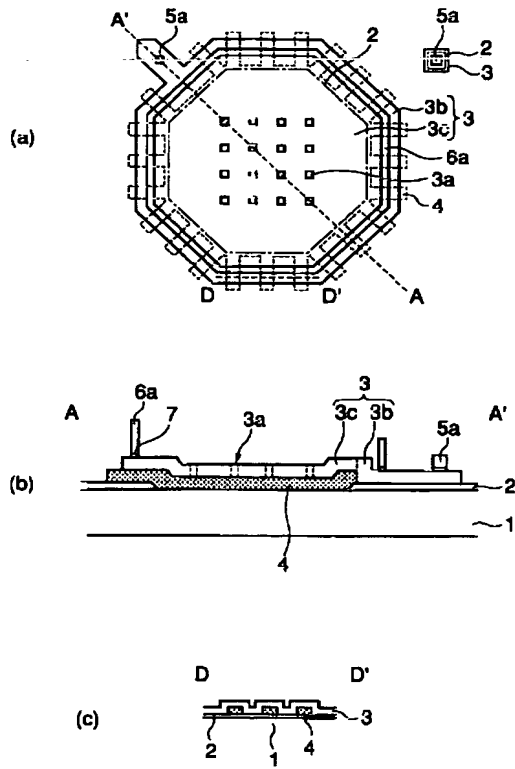


【図18】

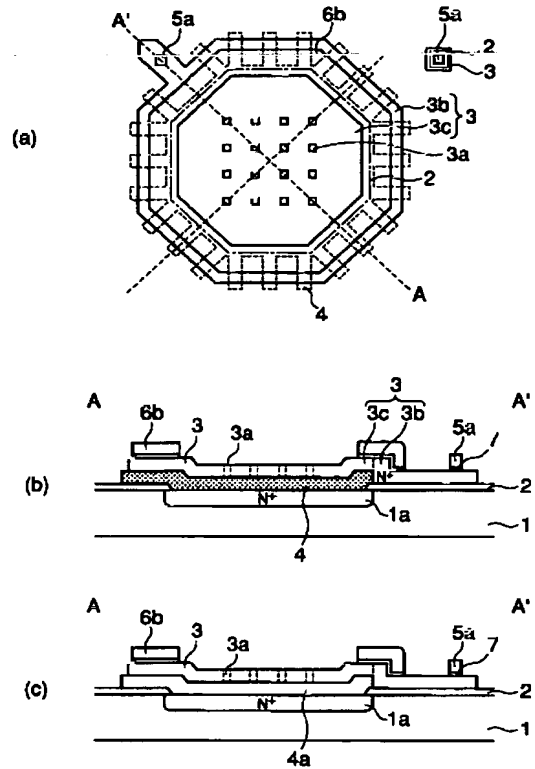




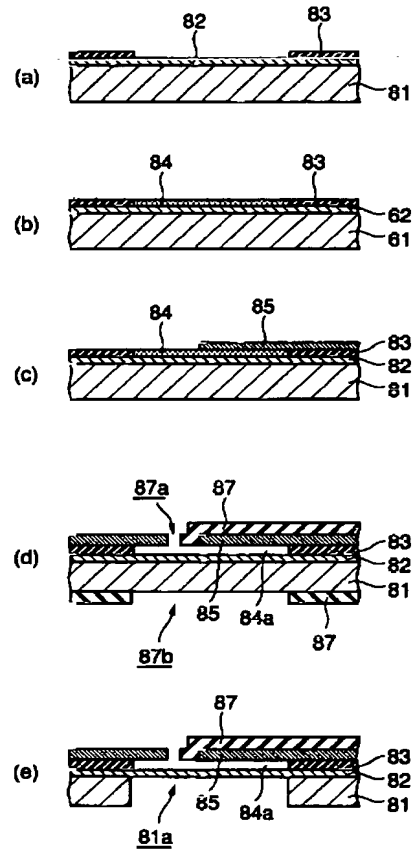
【図16】



【図17】



【図21】



フロントページの続き

(72)発明者 木村 史郎  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

(72)発明者 山本 郁夫  
大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ  
ヤープ株式会社内

Fターム(参考) 4M112 AA01 BA07 CA06 CA11 CA16  
DA04 DA06 DA10 DA12 DA15  
EA03 EA04 EA07 EA11  
5D021 CC02 CC04 CC10 CC19 CC20